

# تمرین سری سوم اینترنت اشیا

الهه داستان  
۹۶۳۱۰۲۵

۱۰ دی ۱۴۰۰

# فهرست مطالب

۲	.....	سوال اول	۱.۰
۴	.....	سوال دوم	۲.۰
۶	.....	سوال سوم	۳.۰
۷	.....	سوال چهارم	۴.۰
۸	.....	سوال نهم	۵.۰
۹	.....	سوال یازدهم	۶.۰
۱۰	.....	سوال دوازدهم	۷.۰
۱۱	.....	سوال سیزدهم	۸.۰

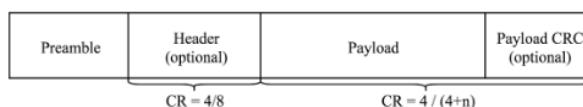
## ۱.۰ سوال اول

جدول ۱: مقایسه تکنولوژی‌های LPWAN [۱] [۲] [۳]

	LoRaWAN	Sigfox	NB-IoT	Ingenu	Telensa
Band	433/868/ 780/915 MHz	868/915 MHz	Cellular	2.4 GHz	868/915 MHz
Data Rate	50 kbps	100 bps	200 kbps	19 kbps	346 Mbps
Range	5 km	10 km	35 km	15 km	1 km
Number of Channels	6	333	—	—	—
MAC	ALOHA	none	Non-Access Stratum	—	—
Topology	Star-of-Stars	Star	Star	Star / Tree	Star / Tree
Adaptive Data Rate	Yes	No	Yes	—	—
Payload Length	256 B	12 B	1600 B	10 kB	65 kB
Handover	No	No	Yes	—	—
Authentication / Encryption	AES 128	No	LTE Encryption	—	—
Over the air update	—	—	—	—	—
Battery life	10Y+	10Y+	—	—	10Y+
Bi-Directional	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

جدول ۲: توانایی LoRa در تشخیص و تصحیح خطا [۴]

Coding rates	Error detection (bits)	Error correction (bits)
4/5	0	0
4/6	1	0
4/7	2	1
4/8	3	1



شکل ۱: ساختار بسته LoRa [۵]

## ۲.۰ سوال دوم

در بسته‌های LoRa از تصحیح خطا جلورونده یا مختصراً FEC استفاده می‌شود. در این فرآیند بیت‌های تصحیح خطا به داده‌های ارسال اضافه می‌شوند. این بیت‌های اضافه شده کمک می‌کنند تا داده‌های از دست رفته به خاطر تداخل بازگردانی شوند. بیت‌های بیشتر این پروسه بازگردانی را ساده‌تر می‌کنند اما باعث هدر رفت پهنای باند و عمر باتری می‌شوند. در LoRa ما نرخ‌های کدگذاری  $4/5$ ،  $4/6$ ،  $4/7$  و  $4/8$  را داریم.

پهنای باند در LoRa می‌توان بین ۱۲۵ تا ۵۰۰ کیلوهرتز باشد و با توجه به استفاده از باند بدون لایسنس این پهنای باند وابسته به پارامترهای منطقه‌ای و فاکتور گسترش می‌باشد. در متن لاتین LoRa نرخ باد یا نرخ علائم از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌گردد:

$$R_s = BW/2^{SF} \quad (1)$$

که در آن  $BW$  پهنای باند و  $SF$  فاکتور گسترش می‌باشد. [۵]  
در ادامه نرخ داده‌ی ارسالی را می‌توان با استفاده از رابطه زیر محاسبه کرد:

$$R_b = SF \times \frac{BW}{2^{SF}} \times CR \quad (2)$$

در این رابطه  $CR$  نرخ کدگذاری،  $SF$  فاکتور گسترش و  $BW$  پهنای باند می‌باشد. [۵]  
رابطه زیر مشخص می‌کند برای ارسال یک داده به چه تعداد علامت نیاز داریم. این پارامتر با  $n_s$  نمایش داده می‌شود.

$$n_s = 8 + \max \left( \left\lceil \frac{8PL - 4SF + 8 + CRC + H}{4 \times (SF - DE)} \right\rceil \times \frac{4}{CR}, 0 \right) \quad (3)$$

در این رابطه در صورت فعال بودن CRC مقدار آن برابر ۱۶ و در غیر این صورت برابر صفر است. CR نرخ کدگذاری، PL اندازه داده، SF فاکتور گسترش است. در این رابطه H اندازه سرآیند بوده که در صورت فعال بودن برابر ۲۰ و در غیر این صورت صفر است. در این رابطه DE در صورت فعال بودن حالت نرخ داده پایین یا low data rate برابر ۲ و در غیر این صورت برابر صفر است. [۴] [۵]

## ۳.۰ سوال سوم

در شبکه‌های LoRaWAN سه کلاس کاری می‌توان برای اشیا در نظر گرفت.

- در کلاس (A یا All) شی هر زمان که به خواهد شروع به ارسال داده کرده و دو پریود متوالی آینده را برای دریافت Downlink خواهد داشت. این کلاس پایین‌ترین مصرف انرژی را دارد چرا که شی تنها در زمان‌هایی که لازم است روشن می‌شود و می‌تواند دوباره خاموش شود. با توجه به ساختار دریافت Downlink در این کلاس می‌توان به سادگی برای پیام‌ها Ack دریافت کرد اما برای سایر پیام‌های Downlink می‌بایست تا تصمیم شی برای ارسال داده صبر کرد.
- در کلاس (B یا Beacon) نود به صورت همگام می‌تواند Downlink دریافت کند برای اینکار نود به جز دو بازه دریافت که در کلاس A تعریف شده بود یک بازه دریافت قابل پیش‌بینی نیز دارد. این کلاس مصرف بالاتری دارد چرا که نیاز است یک بازه دوره‌ای برای دریافت Downlink روشن شود. مزیت این کلاس قابلیت دریافت Downlink حتی در زمان‌هایی که ارسالی ندارد می‌باشد.
- در کلاس (C یا Continues) بیشترین مصرف توان را داشته و شی در هر زمان می‌تواند داده دریافت کند.

## ۴.۰ سوال چهارم

یکی از تکنیک‌ها در شبکه‌های بی‌سیم استفاده از Frequency Hopping است. در این تکنیک با هماهنگی در میان ارسال کننده و گیرنده فرکانس‌های ارسال در زمان تغییر می‌کند. پیاده‌سازی این شیوه در شبکه‌های LoRa در قالب LR-FHSS یا Frequency Hopping Spread Spectrum صورت می‌پذیرد. در این روش هر کانال به تعدادی زیرکانال شکسته شده و سرآینده بسته روی همه این زیرکانال‌ها ارسال می‌شود. خود داده اما قطعه قطعه شده و هر قطعه به وسیله‌ی یک زیرکانال ارسال می‌گردد. از آنجایی که Gateway روی همه‌ی این کانال‌ها گوش می‌دهد می‌تواند بسته را دوباره بازسازی کند.



## ۵.۰ سوال نهم

پروژه Connected Ships در سال‌های ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۱ در نروژ عملیاتی شده است. کشتی‌های بزرگ سوخت زیادی مصرف می‌کنند و از همین رو تاثیر زیادی در گرم شدن کره زمین دارند. یکی از هزینه‌های اصلی شرکت‌های کشتیرانی همین هزینه سوخت است و از این رو بهبود بهینه‌سازی مصرف یکی از نوآوری‌های مهم در حوزه کشتیرانی است.

در این پروژه سنسورهایی روی کشتی متصل شده است که با جمع‌آوری داده‌های غیرحیاتی آن‌ها در اختیار مرکز در ساحل قرار می‌دهند. برای این ارتباط از شبکه‌ی ماهواره‌ای استفاده شده است چرا که در اقیانوس هیچ پوشش شبکه‌ای دیگری وجود ندارد. اما مساله دیگری ارتباط خود سنسورها در کشتی است که این برای جلوگیری از صرف هزینه‌ی زیاد و کابل کشی از تکنولوژی‌های LPWAN استفاده خواهد شد که زیرساخت آماده‌ای برای این ارتباط فراهم می‌کنند.

در نهایت با جمع‌آوری این داده نه تنها از یک کشتی بلکه از یک ناوگان درهای زیادی برای کار بر روی این داده‌ها باز می‌شود و هم اکنون نیز در این پروژه تعداد زیادی همکاری برای بحث‌های هوش مصنوعی و پردازش داده وجود دارد.

## ۶.۰ سوال یازدهم

در حالت Multicast به جای چندین بار ارسال یک داده به چند شی مختلف داده به صورت همزمان برای گروهی از اشیا ارسال می‌گردد. در این روش تاخیر بهبود پیدا می‌کند و از سوی منابع کمتری در جهت ارسال مصرف می‌گردد چرا که به جای چند ارسال یک ارسال صورت می‌پذیرد.

## ۷.۰ سوال دوازدهم

گیرنده‌ها می‌توانند با استفاده از الگوهای تکراری که برای هر فرستنده یکتا است پاسخ کانال را تخمین زده و از آن برای تشخیص نویز استفاده کنند. در واقع تخمین کانال عملیاتی سطح پایین‌تر از تصحیح و تشخیص خطا می‌باشد چرا که عمل تشخیص و تصحیح خطا عملاً در لایه کاربرد و برای داده‌ها برنامه تعریف می‌شود.

همانطور که بیان شد برای تخمین درست کانال می‌بایست این الگوها را با فرستنده‌ها همگام کرد و از سوی دیگر زمان نیز می‌بایست کافی باشد. عموماً در شبکه‌های اینترنت اشیا توان دستگاه محدود است و نمی‌توان ارسال‌های طولانی مدت داشت و از سوی دیگر بحث همگام‌سازی با گیرنده هم خود می‌تواند سرباری برای این شبکه‌ها ایجاد کند.

## ۸.۵ سوال سیزدهم

بحث Semi-Persistent Scheduling یا مختصراً SPS برای پشتیبانی از ارتباط صوتی در NB-IoT مطرح شده است. در این بحث به اشیا منابع مشخصی برای ارسال و منابع پویایی برای باز ارسال تخصیص پیدا می‌کند. با این کار از سربار ارسال پیام‌های صوتی در یک بازه مشخص کاسته می‌شود و از سوی دیگر مصرف منابع رادیویی نیز بهینه می‌شود.

اگر بخواهیم از مدل لایه‌ای OSI استفاده کنیم بهترین لایه Session است چرا که عملاً این ذخیره‌سازی برای ارتباط‌های مختلف در لایه‌ی Link و Physical حفظ می‌شود و هدف از بهبود برای یک کاربرد خاص است.

# کتابنامه

- [1] R. Sanchez-Iborra and M.-D. Cano, “State of the art in LP-WAN solutions for industrial IoT services,” *Sensors*, vol. 16, p. 708, May 2016.
- [2] K. Mekki, E. Bajic, F. Chaxel, and F. Meyer, “A comparative study of LPWAN technologies for large-scale IoT deployment,” *ICT Express*, vol. 5, pp. 1–7, Mar. 2019.
- [3] N. Naik, “LPWAN technologies for IoT systems: Choice between ultra narrow band and spread spectrum,” in *2018 IEEE International Systems Engineering Symposium (ISSE)*, IEEE, Oct. 2018.
- [4] C. Pham, A. Bounceur, L. Clavier, U. Noreen, and M. Ehsan, “Radio channel access challenges in LoRa low-power wide-area networks,” in *LPWAN Technologies for IoT and M2M Applications*, pp. 65–102, Elsevier, 2020.
- [5] A. Augustin, J. Yi, T. Clausen, and W. Townsley, “A study of LoRa: Long range & low power networks for the internet of things,” *Sensors*, vol. 16, p. 1466, Sept. 2016.